XV Міжнародна онлайн конференція «Проблеми теплофізики та теплоенергетики», Київ, 3-4 листопада 2026 р.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЛАНЦЮГІВ ЗАГОТІВЛІ ПРОМІЖНИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОМЕТАНУ

Семен Драгнєв, к.т.н.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Мета та актуальність роботи

Мета: техніко-економічна та енергетична оцінка ланцюгів заготівлі проміжних культур для виробництва біометану в Україні – від вирощування до доставки до біогазової установки (БГУ).

RED III
Проміжні культури віднесено до сталої сировини Додатка IX (Delegated Directive (EU) 2024/1405)

Собівартість і енергоємність
Визначаються вирощуванням, збиранням, транспортуванням і зберіганням вологої зеленої маси

Ланцюг заготівлі, що оцінюється



Вихідні умови розрахунку

Озиме жито

озима проміжна культура

8 т СР/га → **4000** т СР

Витрати на вирощування озимого жита на зелену масу 21,65 євро/т СР

Вико-вівсяна сумішка

післяжнивна культура

4 т СР/га → **2000** т СР

Витрати на вирощування вико-вівсяної сумішки на зелену масу 34,67 євро/т СР

500 га
площа для кожної культури

30%
вміст СР у зеленій масі

10 км
відстань перевезення

14 днів
збиральна кампанія

20% / 8%
втрати СР: кургани / рулони

340 нм³ CH_4
на т сухої органічної речовини

Економічні припущення:

- дизпаливо 1,55 євро/л без ПДВ;
- мастильні матеріали 15% вартості палива;
- оплата праці 4 євро/год;
- ТО і ремонт 5% вартості техніки;
- амортизація 8 років;
- доставка до реактора – цілорічно.

Варіанти збирання проміжних культур









Параметр	A – кормозбиральний комбайн (BiG X 630)	B – причіп-підбирач (Jumbo 7470)	C – рулонний прес (Rollant 630 Uniwrap)
Принцип	Подрібнення і подача в транспортний засіб, що рухається поруч	Підбирання, подрібнення й перевезення одним агрегатом	Пресування у рулони й обмотування; децентралізоване зберігання
Продуктивність (зелена маса)	100-150+ т/год	30-45 т/год	25-35 т/год
Продуктивність за площею	≈3-5 га/год	≈1,2-2 га/год	≈1-1,4 га/год
Довжина різки	4-7 мм, рівномірна (раціональна для анаеробного зброджування)	≈34-45 мм	Груба, ≈45-70 мм
Витрата палива	25-35 л/га	20-28 л/га (у полі)	18-22 л/га (з обмотуванням)
Техніка (оператори)	Комбайн + 2-4 причепи + трамбувальник (4-6)	Косарка + 1-2 причепи (2-3)	Прес + обмотувач + навантажувач (2-3)
Відносні CAPEX	Високі (від 1 млн євро)	Середні (від 500 тис. євро)	Низькі-середні (від 250 тис. євро)
Витратні матеріали	Закваски	Закваски	Плівка, сітка
Оптимальне застосування	Великі суцільні поля; далеке плече до БГУ	Невеликі розпорошені поля; коротке плече	Розпорошені, віддалені ділянки
Якість для анаеробного зброджування	Найкраща	Добра	Гірша (груба різка, ризик плаваючої кірки)

Варіанти транспортування зеленої маси



1)



2)

Параметр	1) Трактор із причепом	2) Автомобіль з причепом (спеціалізованим для силосу)
Економічна відстань	Найкраще ≤≈15-20 км	Доцільніше >≈20-25 км
Швидкість на дорозі	≈25-40 км/год	≈60-80 км/год
Вантаж за рейс	Помірний (причепи ≈40-55 м^3)	Великий (напівпричепи ≈50-90 м^3)
Доступ у поле	Безпосередньо в полі	У полі лише в суху погоду; у вологу – край поля
Ущільнення ґрунту	Високий ризик (з вантажем, волога осінь)	Помірний у сухому полі; низький на краю поля
Перевантаження	Не потрібне (поле – сховище)	Потрібне в негоду й на вологому ґрунті
Правовий режим	Реєстрація с.-г. техніки; обмеження швидкості, ширини, осьового навантаження	Стандартні правила дорожнього руху й вагові обмеження
Гнучкість	Висока	Нижча (лише дорожня логістика)

Варіанти зберігання силосу проміжних культур

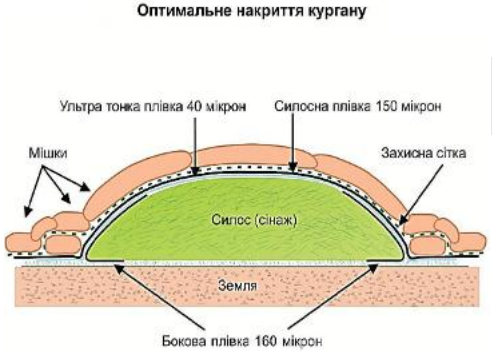
I



II



III



Параметр	I. Силосний рукав	II. Силосна траншея	III. Курган (бурт)
CAPEX споруди, євро/т місткості	7 (найм пакувальника)	20 (найбільші капіталовкладення)	7 (лише підготовка основи)
Основні OPEX	Високі (одноразовий рукав)	Низькі (плівка зверху і на стінах)	Низькі-середні (більше плівки)
Типові втрати СР	5-10%	8-15%	15-20%
Цільова щільність	Задається пакувальником	224 кг СР/м^3	200-224 кг СР/м^3
Герметизація, переріз відбору	Самогерметизація, найменший переріз	Плівка + притискання, помірний переріз	Плівка + притискання, найбільший переріз
Ризик аеробного псування	Найменший	Помірний	Найбільший
Площа на тонну	Найбільша	Найменша	Велика (пологі схили)
Роздільне зберігання партій	Відмінне	Обмежене	Обмежене
Оптимальне застосування	Критичні втрати, змінні обсяги	Великий стабільний річний обсяг	Дешевий буфер, резерв

Порівнювані конфігурації ланцюгів заготівлі

C1



- Кормозбиральний комбайн BiG X 630
- Трактори з причепами
- Силосні кургани, втрати СР 20%

14 од. техніки на базову площу

C2



- Косарка DISCO 9300
- Причепи-підбирачі Jumbo 7470 (збирання + транспорт)
- Силосні кургани, втрати СР 20%

12 од. техніки на базову площу

C3



- Косарка + рулонний прес-підбирач з обмотувачем Rollant 630 Uniwrap
- Трактори з причепами для рулонів
- Рулони в штабелях, втрати СР 8%

>20 од. техніки на базову площу

Витрати на заготівлю сировини з плановою доставкою на вхід біометанового заводу, євро/т СР без ПДВ

Процес	С1 жито	С1 вико-овес	С2 жито	С2 вико-овес	С3 жито	С3 вико-овес
Вирощування	21,65	34,67	21,65	34,67	21,65	34,67
Скошування і валкування	-	-	1,88	3,76	1,88	3,76
Збирання	11,14	17,58	57,25*	57,25*	34,68	39,53
Транспортування до складу	30,40	32,43	-	-	28,34	29,94
Зберігання	14,51	15,69	14,27	17,70	3,83	5,32
Проміжний підсумок на т СР закладеної на силос	**77,71**	**100,36**	**95,05**	**113,37**	**90,38**	**113,22**
Зберігання (з урахуванням втрат СР)	20%	20%	20%	20%	8%	8%
Зберігання з втратами на т СР наявної	**97,13**	**125,45**	**118,81**	**141,72**	**98,24**	**123,07**
Виймання та подача до метантенка	8,31	8,31	8,31	8,31	15,14	16,09
ВСЬОГО на вході в метантенк	**105,44**	**133,75**	**127,12**	**150,02**	**113,38****	**139,16****

Примітка

* Транспортування здійснюється самозавантажувальним причепом-підбирачем, який також збирає зелену масу.

** Розгортання плівки та видалення обгортки рулонів відбуваються на біогазовій установці. Це спричиняє додаткові витрати у розмірі близько 1,5 євро/т СР.

С1 **105,4 / 133,8 євро/т СР**

(жито / вико-овес) – найнижча

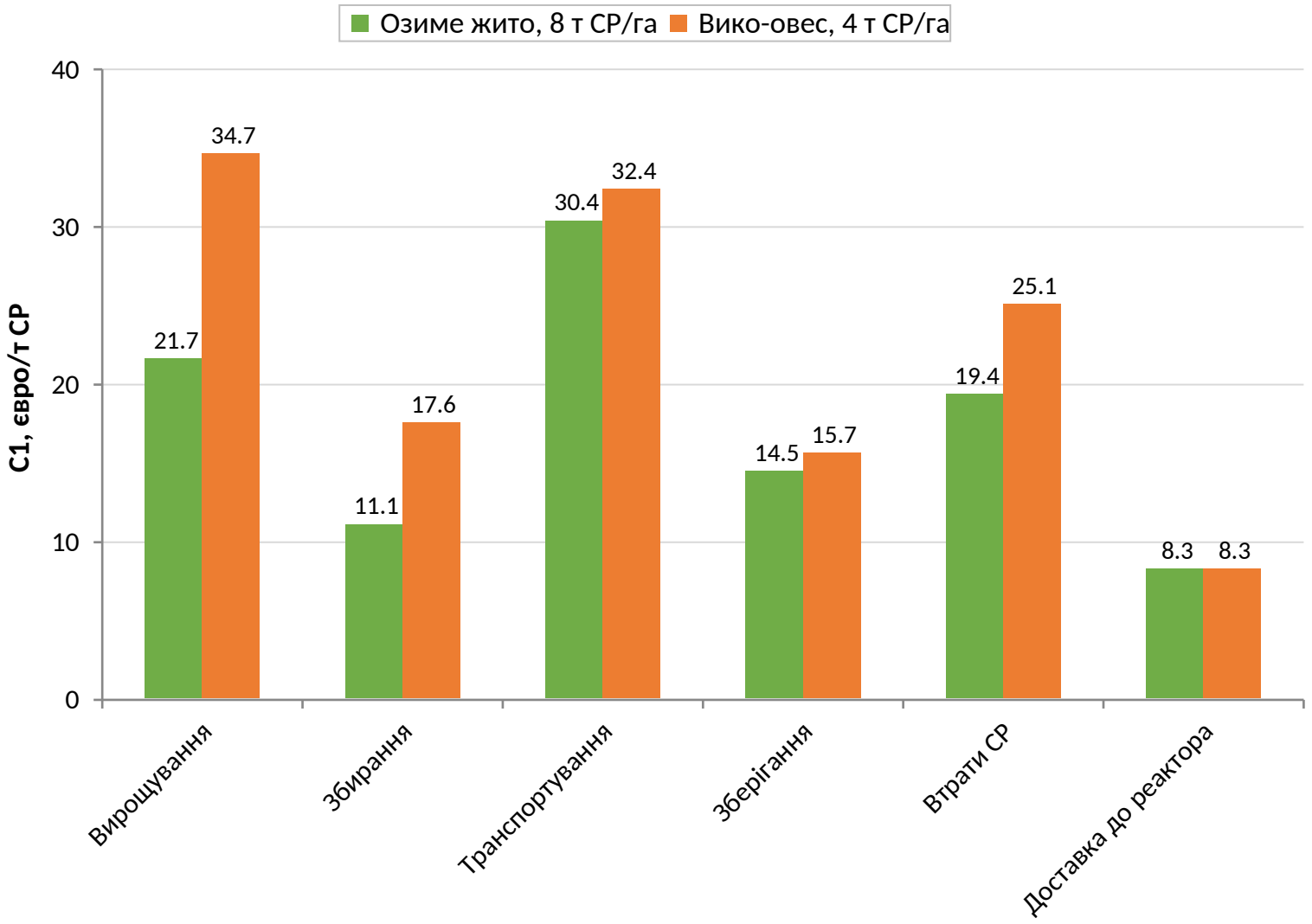
С3 **+7,5% / +4,0%**

до С1; втрати СР лише 8%

С2 **+20,6% / +12,2%**

до С1; збирання – 47% витрат

Вплив урожайності на структуру собівартості (С1)



Урожайність ↓ удвічі
Збирання: 11,1 → 17,6 євро/т СР (+58%); вирощування: 21,7 → 34,7

Транспорт ≈ сталий
30,4 → 32,4 євро/т СР (+7%): витрати пропорційні тоннажу

Висновок
Агрономія (сорти, строки сівби) знижує собівартість ефективніше, ніж заміна техніки

Витрата дизельного палива та енергетичний баланс

141 | 87 л/га

витрата дизпалива в С1, включно з вирощуванням (жито | вико-овес)

22 | 27 л/т СР

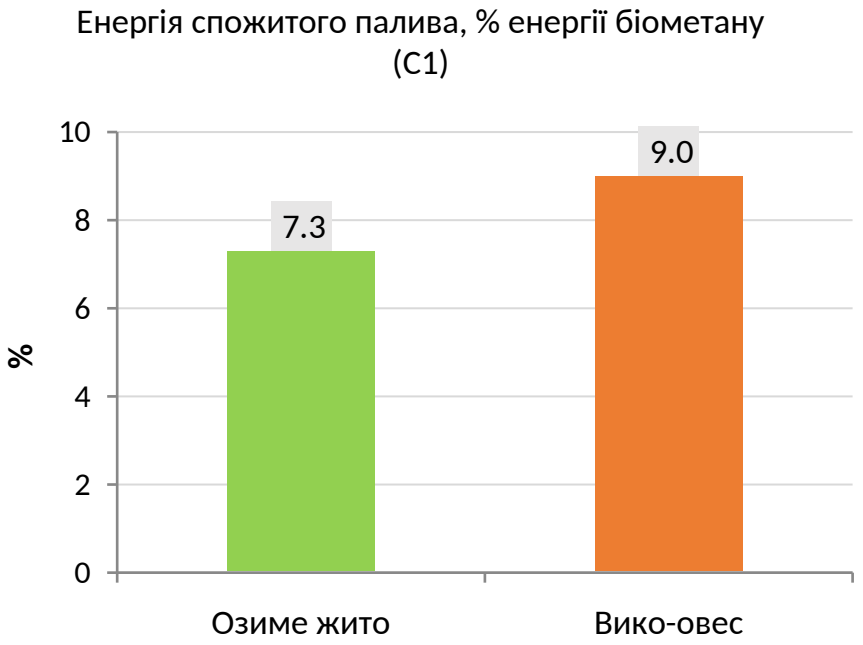
у С1 (жито | вико-овес) на тонну СР, що надходить у реактор, з урахуванням 20% втрат у кургані

41-48%

палива припадає на транспортування; на збирання комбайном – 17-21%

19-23 л/т СР

у С3 (жито | вико-овес) – менше, ніж у С1, через втрати СР 8% замість 20%; без урахування подрібнення рулонів на БГУ



14* / 11**

одиниць енергії біометану на одиницю енергії палива

Примітка

* жито: 5,1 ГДж дизпалива та 69,5 ГДж біометану

** вико-овес: 3,1 ГДж дизпалива та 34,8 ГДж біометану

Висновки

Для сировинної зони до 10 км раціональна конфігурація С1
Кормозбиральний комбайн забезпечує найнижчу собівартість – 105,4 і 133,8 євро/т СР – та коротку різку, оптимальну для зброджування.

Собівартість збирання визначається урожайністю
Транспортування і зберігання пропорційні тоннажу й мало різняться між культурами.

Енергетичний баланс позитивний
Енергія дизпалива становить 7,3-9,0% енергії біометану; найбільший споживач палива – транспортування (41-48%).

Головні резерви зниження собівартості та енергоємності
Скорочення радіусу збору, зменшення втрат СР у сховищі, добір сортів і строків сівби – ефект більший, ніж від заміни техніки.

Дякую за увагу!

Семен Драгнєв

dragnev@uabio.org

http://ittf.kiev.ua/

